

(11)特許出願公開番号  
特開2000-166141  
(P2000-166141A)

1…回転子    2…固定子    3…固定子鉄心    4…スロット  
5…電機子巻線    6…シャフト    7…回転子鉄心  
8…永久磁石    9…凹部    10…磁性体

【特許請求の範囲】

【請求項1】固定子鉄心の複数のスロット内に一次巻線を巻装した固定子と、回転子鉄心の外周面に周方向に沿って交互に異極性となるように複数個永久磁石を配置した回転子とを有し、120度通電されるブラシレスモータにおいて、前記複数個の永久磁石の外周面に凹部を設けてこの凹部に磁性体を配置し、前記永久磁石毎に前記凹部の周方向左右両側の固定子間の空隙の大きさを異ならせて第5次高調波成分を含む誘起電圧を発生するようにしたことを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項2】固定子鉄心に一次巻線が巻装されている固定子と、回転子鉄心の外周面に周方向に沿って交互に異極性となるように複数個永久磁石を配置した回転子とを有し、電気角120度の矩形波電圧を印加されるブラシレスモータにおいて、前記複数個の永久磁石の外周面に凹部を設けてこの凹部に磁性体を配置し、前記永久磁石毎に前記凹部の回転方向前位部周方向圧の前記固定子との空隙を前記凹部の回転方向後位部の空隙より小さくするように構成し第5次高調波成分を含む誘起電圧を発生するようにしたことを特徴とするブラシレスモータ。

【請求項3】請求項1または2において、前記凹部は極中心から反回転側へ所定角度だけずれて設けられていることを特徴とするブラシレスモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は界磁極として永久磁石を用いたブラシレスモータに関する。

【0002】

【従来の技術】回転子の界磁極として永久磁石を用いたブラシレスモータは小型軽量で高出力を発生する。このようなブラシレスモータはエアコン等の家電品の駆動モータとして多く用いられている。ブラシレスモータの駆動制御はインバータで行っている。インバータとしては通常PWMインバータが用いられる。

【0003】ところで、インバータとしては120度通電形と180度通電形とがある。

【0004】120度通電形は相間短絡を発生することなく転流時の保護が簡単になり、PWM制御する際にPWM周波数を低くできるので制御装置を簡単に構成できるという利点を有する。このため、ブラシレスモータの駆動制御には120度通電形インバータが用いられている。

【0005】120度通電形インバータは電気角で60度毎に転流する。この転流重なり時にブラシレスモータのインダクタンス成分により高調波を含んだ左右非対称の電機子電流に流れる。このため、ブラシレスモータの発生トルクに大きなトルクリプルを生じる。このトルクリプルの70～80%は電機子電流の第5次高調波成分に起因していることが知られている。

【0006】従来、ブラシレスモータのトルクリプルを

低減するには、例えば特開平9-163785号公報に記載されているように転流期間の前後において通電期間を重複する通電時間制御法、あるいは特開平6-327286号公報に記載されているようにパルス幅変調信号の通電率を補正する転流時電流波形制御法が知られている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来の通電時間制御法や転流時電流波形制御法はインバータの制御によってトルクリプル低減するものであり制御装置の構成が複雑になるのを免れない。このため、120度通電形の利点である制御装置を簡単に構成できるという利点を損うことなくトルクリプルを低減することが強く要望されている。

【0008】本発明の目的は制御装置を簡単に構成できるという120度通電形インバータの利点を損うことなくトルクリプルを低減できるブラシレスモータを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の特徴とするところは、回転子鉄心の外径周方向に沿って交互に異極性となるように配置される複数個の永久磁石毎に、永久磁石の外周面に凹部を設けてこの凹部に磁性体を配置すると共に、各永久磁石毎に凹部の周方向左右両側の永久磁石表面と固定子間のギャップ長を異ならせることによって、第5次高調波成分を含む誘起電圧を発生するようにしたことにある。

【0010】本発明によればブラシレスモータが第5次高調波成分を含む誘起電圧を発生するので、120度通電形インバータの出力電圧（矩形波電圧）に含まれる第5次高調波成分を打消すことになる。したがって、第5次高調波電流が流れず、トルクリプルを著しく低減することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】図1に本発明の一実施例を示す。

【0012】図1において、回転子鉄心7はシャフト6によって回転自在に軸支されている。回転子鉄心7の外周面には周方向に沿って交互に異極性（N極とS極）となるように4個の永久磁石8が配置されている。シャフト6、回転子鉄心7および4個の永久磁石8とで回転子1を構成する。各永久磁石8には外周面に凹部9が設けられており、凹部9の中に磁性体10が配置されている。

【0013】固定子2は固定子鉄心3と、固定子鉄心3に形成した複数個のスロット4内に巻装した一次巻線（電機子巻線）5から構成される。

【0014】回転子1は固定子2の内周面に対し所定のギャップ（空隙）を持って配置されている。永久磁石8のギャップは凹部9の図示の周方向左右両側で異なっている。

【0015】回転子1の回転方向をRとすると、図2に

示すように凹部9の図示左側である回転方向前位部8Aのギャップが $g_1$ で、図示右側である回転方向後位部8Bのギャップが $g_2$ になっている。ギャップ $g_1$ と $g_2$ の大きさは $g_2 > g_1$ になっている。

【0016】また、永久磁石8の凹部9内に形成した磁性体10は、シャフト6の中心をOとしたとき、磁極中心線O-Pに対し回転方向後位部8Aに位置する磁性体中心線O-Q(O-PとO-Qとなす角度を $\theta$ )に配置している。角度 $\theta$ は誘起電圧の基本波に対する第5次高調波成分の位相角によって設定され、電気角で14度～15度である。

【0017】本発明のブラシレスモータはこのように構成されているが、その無負荷誘起電圧は図3に示す波形23のように歪み波形となる。この誘起電圧波形23を基本波21と高調波22とに分離すると、基本波21に対し位相がずれた振幅比16%程度の第5次調波となる。この結果、無負荷誘起電圧波形23は電気角60度以下の領域の電圧が電気角120度以上の領域の電圧より大きく、電気角90度に対し左右非対称の波形となる。

【0018】次にトルクリプルについて述べる。

【0019】図4に120度通電形インバータの電流波形の概念図を示す。

【0020】図4において、120度通電形インバータの電流制御はPWM制御で行われる。ここで、PWMによる波形歪を無視すると、理想的な電流波形は矩形波11になる。しかし、実際にはブラシレスモータのインダクタンス成分があるため、電気角60度ごとに電流の通電相が切り替わる転流モードにより高調波を含んだ左右非対称の電流波形12になる。

【0021】120度通電形ブラシレスモータのトルクリプルは、主にブラシレスモータの駆動システムの高調波を含んだ左右非対称の電機子電流と回転子永久磁石8の磁束分布および固定子巻線5の巻線分布によって生じる無負荷誘起電力との関係で発生する駆動トルクの脈動であり、転流モードごとに繰り返す周期的変動である。

【0022】一般的に、ブラシレスモータの駆動トルクは各相の無負荷誘起電力と電機子巻線に流れる電流の積に比例する。

【0023】図1に示す本発明の120度通電形ブラシレスモータのトルクリプル特性を図5に示す。

【0024】図5において、12u、12v、12wは

120度通電形ブラシレスモータの3相分の電流波形であり、該電流波形と無負荷誘起電力波形23(他の2相分無負荷誘起電力波形は図示せず)により得られたトルクリプルは波形13のようになる。図5から明らかのように、トルクリプルが小さくなっていることが分かる。

【0025】比較のために、従来技術による高調波成分を含まない理想的な正弦波状の無負荷誘起電力によるトルクリプル特性を図6に示す。

【0026】図6において、図5で用いた120度通電形インバータ回路の高調波を含む左右非対称の3相分の同じ電流波形に対して、理想的な正弦波状の無負荷誘起電力21により得られたトルクリプルは波形14のようになる。

【0027】図5と図6を比較すれば明らかなように、本発明のブラシレスモータではトルクリプルを従来に比べ50%以上低減できる効果がある。

【0028】

【発明の効果】本発明によれば、120度通電形インバータで駆動されるブラシレスモータのトルクリプルを制御装置を簡単に構成できるという120度通電形インバータの利点を損うことなく著しく低減できるという効果を得ることができる。

【0029】周方向に沿って交互に異極性となるように複数個の永久磁石を配置した永久磁石回転子を有する120度通電形ブラシレスモータにおいて、高調波を含む左右非対称の無負荷誘起電力波形が得られる構造にすることで、簡単な回路構成と制御プログラムによる120度通電形インバータを用いても、トルクリプルを低減する効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す断面図である。

【図2】図1の部分拡大図である。

【図3】本発明の一実施例により得られる無負荷誘起電圧波形図である。

【図4】120度通電形インバータにおける電流波形図である。

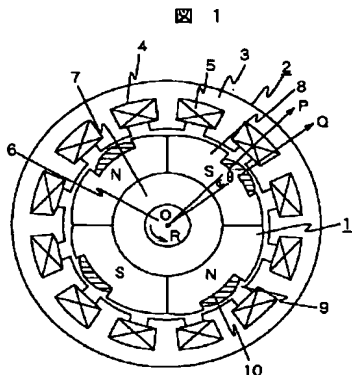
【図5】本発明によるトルクリプルの特性図である。

【図6】従来技術によるトルクリプルの特性図である。

【符号の説明】

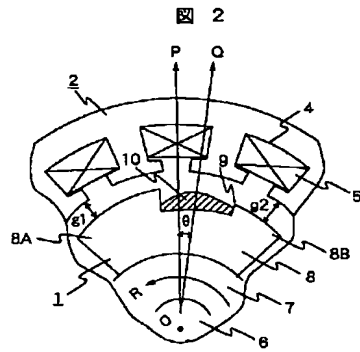
1…回転子、2…固定子、3…固定子鉄心、4…スロット、5…電機子巻線、6…シャフト、7…回転子鉄心、8…永久磁石、9…凹部、10…磁性体。

【図1】

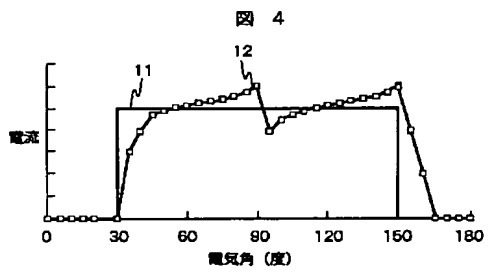


1…回転子 2…固定子 3…固定子鉄心 4…スロット  
5…電機子巻線 6…シャフト 7…回転子鉄心  
8…永久磁石 9…凹部 10…磁性体

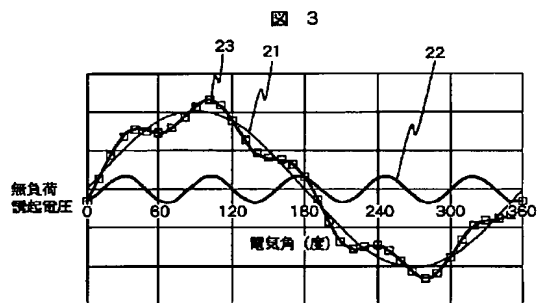
【図2】



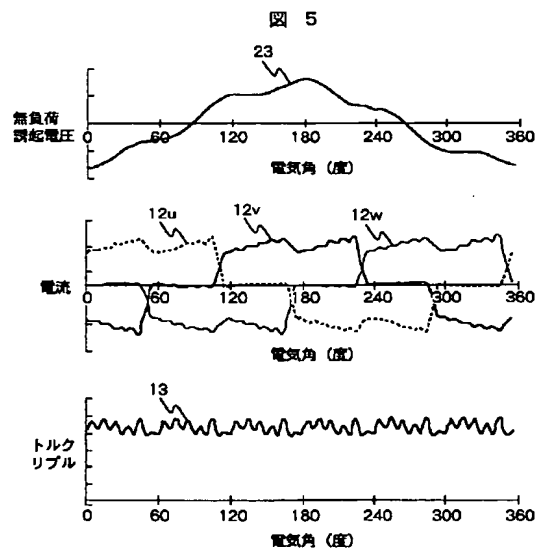
【図4】



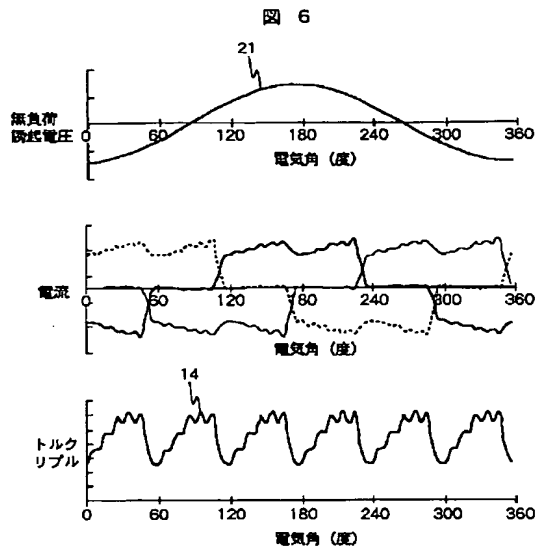
【図3】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 菊地 聡  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内  
(72)発明者 川端 幸雄  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内  
(72)発明者 妹尾 正治  
千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号  
株式会社日立製作所産業機器事業部内

(72)発明者 佐藤 和雄  
千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号  
株式会社日立製作所産業機器事業部内  
Fターム(参考) 5H019 AA03 BB20 BB23 CC03 CC08  
CC09 EE14  
5H621 AA04 BB07 GA01 GA04 GA15  
GA16 JK02  
5H622 AA03 CA02 CA05 CA10 CA13  
CB04 CB05 PP03 PP10 PP19  
QB03 QB05